

З. Арванова С.М. Имитационное моделирование производства видов сельскохозяйственной продукции // С.М. Арванова, Л.А. Мешева, А.С. Ксенофонтов, И.Я. Шаваев / Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 4-2. – С. 221-224.

УДК 63:004.77

УМНОЕ СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ

О.Л. Сапун, канд. пед. наук, доцент

Белорусский государственный аграрный технический университет

Аннотация. В статье рассматривается сельское хозяйство в условиях новых прорывных цифровых технологий: таких как Интернет вещей, большие данные и аналитика, системная интеграция, облачные вычисления, моделирование, автономные роботизированные системы, дополненная реальность, искусственный интеллект, беспроводные сенсорные сети и др. Интеграция этих технологий в сельское хозяйство дает начало умному сельскому хозяйству или цифровому сельскому хозяйству, описанному в данной работе.

Ключевые слова: интернет вещей, системная интеграция, облачные вычисления, моделирование, автономные роботизированные системы, дополненная реальность, искусственный интеллект, беспроводные сенсорные сети.

Индустрия 4.0, также известная как четвертая промышленная революция, меняет каждую отрасль в том числе и сельское хозяйство. Индустрия 4.0, характеризующаяся слиянием новых прорывных цифровых технологий, таких как Интернет вещей (IoT), большие данные и аналитика (BDA), системная интеграция (SI), облачные вычисления (CC), моделирование, автономные роботизированные системы (ARS), дополненная реальность (AR), искусственный интеллект (AI), беспроводные сенсорные сети (WSN), киберфизическая система (CPS), цифровой двойник (DT) и аддитивное производство (AM). Интеграция этих технологий в сельское хозяйство дает начало промышленному сельскому хозяйству следующего поколения, а именно сельскому хозяйству 4.0, также называемому «умное сельское хозяйство» или цифровое сельское хозяйство [1].

Умное сельское хозяйство предоставляет разнообразный набор инструментов для решения ряда проблем сельскохозяйственного производства продуктов питания, связанных с производительностью, воздействием на окружающую среду, продовольственной безопасностью, потерями урожая и устойчивостью. Например, с помощью систем с поддержкой IoT, производители могут удаленно подключаться к фермам независимо от места и времени для мониторинга и контроля операций. Дроны, оснащенные гиперспектральными камерами, могут использоваться для сбора данных из разнородных источников на сельскохозяйственных угодьях, а автономные роботы могут использоваться для поддержки или выполнения повторяющихся задач на фермах.

Методы анализа данных могут использоваться для анализа собранных данных с помощью компьютерных приложений, которые могут помочь фермерам в процессе принятия решений. Аналогичным образом, широкий спектр параметров, связанных с факторами окружающей среды, борьбой с сорняками, состоянием урожая, управлением водными ресурсами, состоянием почвы, планирование орошения, гербициды и пестициды, а также сельское хозяйство с контролируемой средой можно отслеживать и анализировать в интеллектуальном сельском хозяйстве для повышения урожайности, минимизации затрат, повышения качества продукции и поддержания производственных затрат за счет использования современных систем.

Определение интернета вещей можно трактовать следующим образом: «это концепция, основная идея которой заключается в создании интеллектуальной цифровой среды (в которую входят Интернет вещи, информация и люди) с помощью различных устройств и технологий (RFID-метки, сенсоры, датчики, мобильные телефоны, компьютеры), для сбора, обработки и анализа данных в целях дальнейшего совместного взаимодействия» [2].

В общем случае под Интернет вещами понимаются материальные объекты, подключенные к Интернету. В логистике АПК внедрение технологий IoT позволяет решать такие задачи, как сокращение затрат на грузоперевозки и задержки в пути, повышение прозрачности перевозок и минимизация влияния человеческого фактора. Подключенный к Интернету автотранспорт и удаленный мониторинг автопарка позволят сократить операционные расходы за счет оптимизации ремонта и обслуживания техники.

Интернет вещей (IoT) относится к средствам взаимосвязанных вычислительных устройств, датчиков, устройств и машин, подключенных к Интернету, каждый из которых имеет уникальные идентификаторы и возможности для дистанционного зондирования и мониторинга [2].

Эталонная архитектура IoT состоит из шести уровней:

- уровень восприятия (аппаратные устройства),
- сетевой уровнем (связь),
- уровень промежуточного программного обеспечения (управление устройствами и взаимодействие),
- уровень обслуживания (облачные вычисления),
- уровень приложений (интеграция данных и аналитика)
- пользовательский уровень (user-interface).

В сельскохозяйственном домене устройства IoT на физическом уровне собирают данные, связанные с параметрами окружающей среды и урожая, такими как температура, влажность, значение pH, уровень воды, цвет листьев, вес свежих листьев и т. Д. Передача этих данных происходит в на сетевой уровень, дизайн которого зависит от выбора подходящих коммуникационных технологий, соответствующих размеру поля, расположен.

Безопасная технология, Bluetooth используется только на закрытых фермах, так как обеспечивает малую дальность передачи. Wi-Fi не является перспективной технологией для сельскохозяйственных приложений из-за ее высокой стоимости и высокого энергопотребления. С другой стороны, технологии RFID (радиочастотная идентификация) и NFC (коммуникация ближнего поля) все чаще внедряются в сельскохозяйственные системы для отслеживания сельскохозяйственной продукции.

GPRS или технологии мобильной связи (2G, 3G и 4G) используются для периодического мониторинга параметров окружающей среды и почвы. Для хранения данных на сервисном уровне используются методы облачных вычислений. Эти данные затем используются на уровне приложений для создания интеллектуальных приложений, используемых фермерами, экспертами в области сельского хозяйства и специалистами по цепочке поставок для повышения производительности и возможностей мониторинга ферм.

Интеграция Интернета вещей в сельское хозяйство предназначена для предоставления фермерам инструментов принятия решений и технологий автоматизации, которые органично интегрируют знания, продукты и услуги для достижения высокой производительности, качества и прибыли.

Основное внимание уделяется внутривладельческому управлению, контролю ирригации, рост урожая, мониторинг здоровья и обнаружение болезней. Некоторые из этих исследований также объяснили внедрение IoT в современные сельскохозяйственные системы, такие как вертикальное земледелие (беспочвенное земледелие – аквапоника, гидропоника и аэропоника) и тепличное хозяйство (почвенное). Более того, большинство исследований сосредоточено на решении конкретной проблемы.

Согласно Национальному институту стандартов и технологий (NIST), облачные вычисления (CC) определяются как модель обеспечения повсеместного, удобного сетевого доступа по запросу к общему вычислительному ресурсу (например, сеть, сервер, система хранения данных, приложения), которые могут быть быстро предоставлены с минимальными усилиями по управлению или взаимодействием с поставщиком услуг [3].

Основная архитектура CC, состоит из четырех уровней: центр обработки данных (аппаратное обеспечение), инфраструктура, платформа и приложение. Каждый из этих уровней связан с конкретными моделями облачных услуг, которые классифицируются как программное обеспечение как услуга (SaaS), платформа как услуга (PaaS) и инфраструктура как услуга (IaaS).

Облачные вычисления привлекли большое внимание за последнее десятилетие в сельскохозяйственном секторе, поскольку они обеспечивают:

- 1) недорогие услуги хранения данных, собранных из разных доменов через WSN и другие предварительно настроенные устройства IoT;
- 2) крупномасштабные вычислительные системы для принятия интеллектуальных решений и преобразования этих необработанных данных в полезные знания;
- 3) безопасную платформу для разработки сельскохозяйственных приложений IoT.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) или воздушные роботы — это летательные аппараты без пилота-человека на борту. В зависимости от типа технологии, используемой для полета (структура крыла) и уровня автономности, существует большое разнообразие БПЛА. Например, по типу крыла БПЛА могут быть неподвижными (самолеты), одновинтовыми (вертолеты), гибридными (вертикальный взлет и посадка) и мультироторными (дроны). Среди них дроны (многороторная технология), которые поднимаются и приводятся в движение с помощью четырех (квадротор) или шести (шестиротор) винтов, становятся все более популярными в сельскохозяйственном секторе из-за их механической простоты по сравнению с вертолетами, которые полагаются на гораздо более сложный механизм управления пластинами. Точно так же, в зависимости от уровня автономности, БПЛА могут управляться дистанционно, когда пилот предоставляет ссылки на каждый исполнительный механизм летательного аппарата, чтобы управлять им, таким же образом, как бортовой пилот, или дистанционно управляться, когда летательный аппарат полагается на бортовой автоматический контроллер, отвечающий за поддержание стабильного полета.

Оснащенные соответствующими датчиками сельскохозяйственные БПЛА позволяют фермерам получать данные со своих полей для изучения динамических изменений в посевах, которые невозможно обнаружить путем разведки местности. Эти данные позволяют фермерам получать информацию о болезнях сельскохозяйственных культур, дефиците питательных веществ, уровне воды и другие параметры роста сельскохозяйственных культур. Обладая этой информацией, фермеры могут планировать возможные меры (орошение, внесение удобрений, борьба с сорняками).

Мониторинг транспортировки в цепях поставок с помощью GPS и датчиков позволяет в первую очередь снизить расход горючего (эксперты прогнозируют возможное снижение до 20%), а также оптимизировать маршруты и загрузку персонала. На практике актуальным также остается вопрос сохранности груза в процессе перемещения — соответствующие датчики позволяют полностью отслеживать как местонахождение, так и вес перемещаемого груза, тем самым практически ликвидируя возможности для мошенничества.

Специалисты PwC оценивают экономический эффект от внедрения IoT в логистике в 542 млрд руб. до 2025 года [4].

Интеллектуальное земледелие, основанное на технологиях IoT, позволяет производителям сельскохозяйственной продукции сокращать отходы и повышать производительность, начиная от количества используемых удобрений и заканчивая

количеством поездок, которые совершила сельскохозяйственная техника, позволяет эффективно использовать все ресурсы.

Интеллектуальный IoT для сельского хозяйства – это система, которая построена для мониторинга поля сельскохозяйственных культур с помощью датчиков (света, влажности, температуры, влажности почвы, состояния урожая) и автоматизации системы орошения. Фермеры могут следить за полевыми работами и условиями из любого места. Они также могут выбирать между ручными и автоматическими вариантами выполнения необходимых действий на основе этих данных. Например, если уровень влажности почвы снижается, фермер может установить датчики, чтобы начать полив. Умное земледелие очень эффективно по сравнению с традиционным подходом [5].

Сельскохозяйственные дроны наземного и воздушного базирования используются в сельском хозяйстве для улучшения различных методов ведения сельского хозяйства: оценки состояния сельскохозяйственных культур, орошения, мониторинга урожая, опрыскивания сельскохозяйственных культур, посева, а также анализа почвы и полей.

На сельскохозяйственных предприятиях могут использовать приложения беспроводного Интернета вещей для сбора данных о местонахождении, самочувствии и здоровье своего скота. Эта информация помогает предотвратить распространение болезней, а также снижает затраты на рабочую силу.

Умные теплицы, разработанные с помощью Интернета вещей, контролируют климат, устраняя необходимость ручного вмешательства.

Прогнозирование урожая играет ключевую роль, оно помогает принять решение о планах на будущее в отношении производства урожая, его хранения, маркетинговых методов и управления рисками. Для прогнозирования производительности искусственной сети сельскохозяйственных культур используйте информацию, собранную датчиками. Эта информация включает такие параметры, как почва, температура, давление, осадки и влажность. Точные данные о почве можно получить либо с помощью панели управления, либо с помощью настраиваемого мобильного приложения.

Имея ограниченные ресурсы для выращивания сельскохозяйственных культур или животноводства, производители сельскохозяйственной продукции постоянно ищут способы уменьшить количество отходов. Хотя традиционные методы консервации, такие как орошение только после наступления сумерек, могут уменьшить количество отходов, технология Интернета вещей (IoT) может сократить отходы и еще больше сберечь ресурсы. Например, встроенные в почву интеллектуальные датчики могут измерять уровень влажности и pH. Эти датчики, подключенные к интеллектуальным системам орошения и интеллектуальных удобрений, могут затем вносить необходимое количество удобрений и воды, чтобы обеспечить оптимальные условия для роста сельскохозяйственных культур.

Последнее время люди употребляют экологически чистые продукты и сокращают использование пестицидов, а производители все больше стремятся сократить или даже полностью отказаться от использования пестицидов. Датчики и камеры, подключенные к Интернету, позволят производителям лучше контролировать популяции вредителей. В случае, если популяции вредителей достигают точки, где это пагубно сказывается на урожайности сельскохозяйственных культур, они могут дистанционно высвободить феромоны для борьбы с популяциями вредителей без использования синтетических пестицидов.

Стоимость продукции животноводства продолжает расти с каждым годом. Под давлением необходимости сократить расходы и более гуманно разводить скот фермеры начинают обращаться к технологии Интернета вещей. Например, фермеры могут встраивать датчики, подключенные к Интернету, на свой скот, чтобы не причинять им дискомфорта. Используя информацию от этих датчиков, фермеры могут контролировать общее состояние здоровья животного, анализируя кровяное давление, частоту сердечных сокращений и другие параметры. Если какой-либо из этих параметров выйдет за пределы допустимых

диапазонов, фермеры смогут быстрее лечить животное. Эти датчики не только могут помочь контролировать здоровье животного, но в некоторых случаях технология GPS также может помочь отследить местоположение животного. Мониторинг местоположения может быть чрезвычайно полезным для фермеров, разводящих скот на свободном выгуле или пастбищах, поскольку он позволит фермерам лучше учитывать свой скот.

Чтобы максимизировать урожайность и прибыль, фермеры должны повышать производительность. Технология Интернета вещей (IoT) позволяет фермерам повышать продуктивность различными способами, такими как мониторинг сельскохозяйственного оборудования. Технология IoT позволит фермерам контролировать свое оборудование от тракторного парка до конвейерных лент для зерна. Например, датчики, подключенные к Интернету, могут быть интегрированы в тракторы, чтобы определять, работает ли трактор с максимальной эффективностью. Если трактор не работает с максимальной эффективностью, датчик может отправить предупреждение фермеру, чтобы можно было немедленно выполнить необходимый ремонт. Это поможет предотвратить внезапные сбои в работе трактора, что позволит ему дольше оставаться в поле и, следовательно, повысить производительность. Точно так же подключенные к Интернету датчики также могут быть интегрированы в конвейерные ленты для зерна.

Интернет во многом меняет многие аспекты повседневной сельскохозяйственной деятельности благодаря Интернету вещей. Преимущества технологии IoT в сельскохозяйственных операциях включают, помимо прочего, сокращение отходов, лучшее управление вредителями и животноводством, а также повышение производительности. Поскольку фермеры продолжают сталкиваться с растущими затратами и ограниченными ресурсами, технология Интернета вещей станет ключом к снижению затрат и максимальному увеличению урожайности имеющихся ресурсов.

Перед тем, как умное в сельском хозяйстве станет реальностью, необходимо преодолеть множество препятствий и проблем. От отсутствия Интернета и широкополосного подключения в сельской местности до разработки надежных сенсорных устройств и безотказных машинных систем, которые могли бы активировать действие в нужном месте, в нужное время, в нужном количестве, обеспечивая экономически доступную информационную систему для сельского хозяйства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Abbasi R., Martinez P., Ahmad R. The digitization of agricultural industry – a systematic literature review on agriculture 4.0 // *Smart Agricultural Technology* 2 (2022) 100042.
2. Pyliaididis C., Osinga S., Athanasiadis I., Introducing digital twins to agriculture, *Computer Electron Agric* 184 (2021) 105942, doi:10.1016/J.COMPAG.2020.105942.
3. Tzounis A., Katsoulas N., Bartzanas T., Kittas C., Internet of Things in agriculture, recent advances and future challenges, *Biosyst Eng* 164 (2017) 31–48, doi:10.1016/J.BIOSYSTEMSENG.2017.09.007.
4. Сапун О.Л. Логистический подход на предприятиях агропромышленного комплекса / О.Л. Сапун, О.С. Евлаш // *Экономика. Управление. Инновации.* – Минск: МИУ, 2022. – №1. – С. 26-32.
5. Сапун О.Л. Интернет вещей в логистике АПК // О.Л. Сапун/Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали III Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції / ТДАТУ: ред. кол. В. М. Кюрчев, В. Т. Надикто, О. Г. Скляр [та ін.]. - Мелітополь: ТДАТУ, 2021. - С. 445-451.